الغلاف الصخري
واستقرار كوكب الأرض وتوازنه

مفهوم الغلاف الصخري

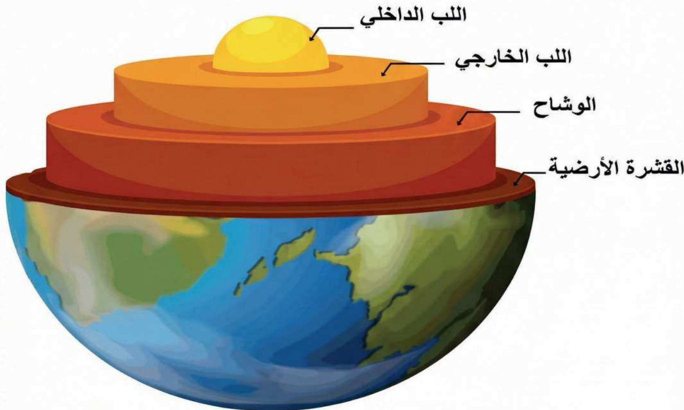
- يمثل **الغلاف الصخري** أحد الأغلفة الرئيسية للأرض.
- يأتي ذلك إلى جانب:
  - **الغلاف المائي**
  - **الغلاف الجوي**
  - **الغلاف الحيوي**



الشكل 1 - أغلفة الأرض

طبيعة الغلاف الصخري

- على الرغم من أن هذا الغلاف يبدو لنا ثابتًا،
- إلا أنه في الحقيقة **غلاف ديناميكي.**
- يتغير مع الزمن بفعل:
  - القوى الداخلية للأرض
  - العمليات الخارجية على سطحها



الشكل ٢ - طبقات الأرض

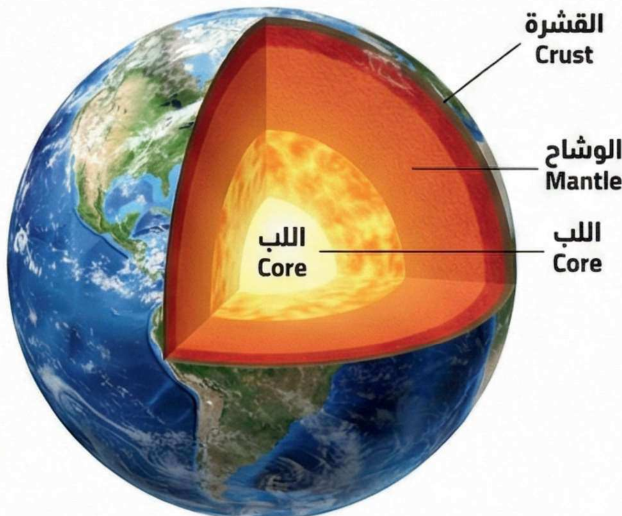
محاور دراسة الغلاف الصخري

- فهم ماهية **الغلاف الصخري.**
- تحديد مكوناته.
- التعرف على كيفية ترتيب طبقاته.
- دراسة تأثير خصائص الصخور والمعادن على:
  - سلوك **الغلاف الصخري**
  - استدامته

نطاقات كوكب الأرض

التقسيم العام

- يتكون كوكب الأرض من ثلاث نطاقات رئيسية.
- تختلف هذه النطاقات في:
  - تركيبها الكيميائي
  - خصائصها الفيزيائية



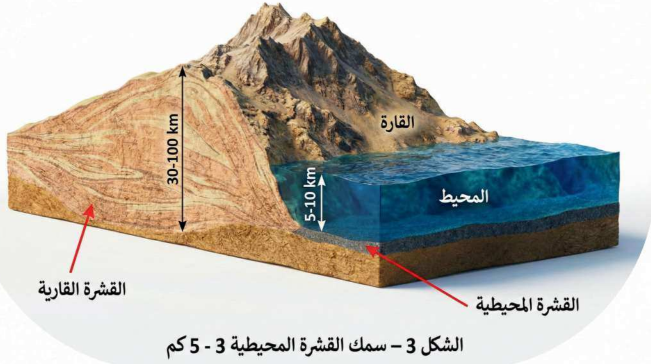
النطاقات الرئيسية

- **القشرة (Crust)**
- **الوشاح (Mantle)**
- **اللب (Core)**

القشرة الأرضية (Crust)

تعريف القشرة الأرضية

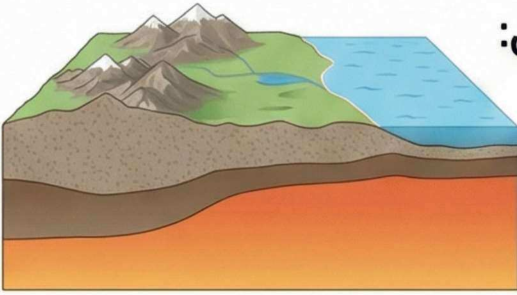
- هي النطاق الخارجي الرقيق من الأرض.
- تشكل حوالي **1% فقط من حجم الكوكب**.
- تنقسم القشرة الأرضية إلى:
  - قشرة قارية
  - قشرة محيطية



الشكل 3 – سمك القشرة المحيطية 3 - 5 كم

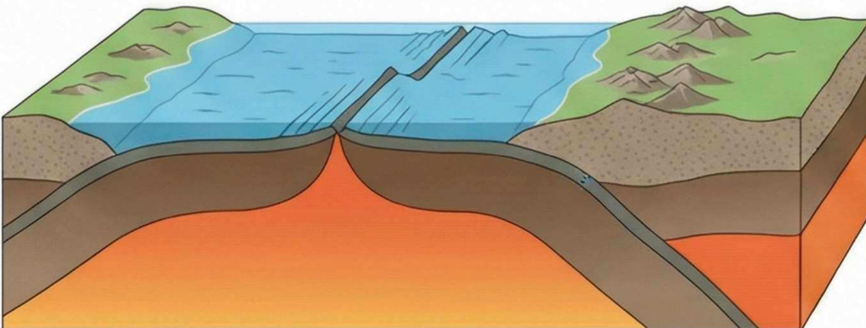
القشرة القارية (Continental Crust)

- **موقعها:** - تمثل الجزء الذي يكون اليابسة على سطح الأرض.
  - يعلوها الغلاف الجوي.
- **تركيبها:** - تتميز بتركيبها الغني بعنصري **السيليكا والألومنيوم**.
  - يُشار إلى هذا التركيب علميًا باسم **"سيال" (Sial)**.
- **خصائصها:** بسبب طبيعة صخورها وتركيبها الكيميائي:
  - فإن كثافتها أقل مقارنة بالقشرة المحيطية.
- يفسر ذلك:
  - ارتفاع القارات
  - وبروزها فوق مستوى سطح البحر



القشرة المحيطية (Oceanic Crust)

- **موقعها:** تقع القشرة المحيطية أسفل قيعان المحيطات والبحار المفتوحة.
- **السمك:** سمكها أقل بكثير من سمك القشرة القارية.
- **تركيبها:**
- لها تركيب غني بالسيليكا والماغنيسيوم.
- يُعرف هذا التركيب باسم **"سيما" (Sima)**.
- يحتوي كذلك على نسبة مرتفعة من:
  - **الماغنيسيوم**
  - **الحديد**
- **خصائصها:**
- تؤدي هذه التركيبة إلى:
  - ارتفاع كثافتها
  - مقارنة بالقشرة القارية



الوشاح (Mantle)

موقع الوشاح وأهميته

- يقع **الوشاح** مباشرة أسفل القشرة الأرضية.
- وهو أكبر نطاقات الأرض كتلةً إذ يشكّل حوالي **67%** من كتلتها الكلية.
- يتكوّن **الوشاح** من صخور غنيّة **بسيليكات الحديد والماغنيسيوم**.
- يؤدّي التغيّر في الضغط ودرجة الحرارة إلى اختلاف في كثافته وخواصه الفيزيائية.

تقسيم الوشاح

- ينقسم **الوشاح** إلى نطاقين يختلفان في الكثافة والخواص الفيزيائية.

الوشاح العلوي

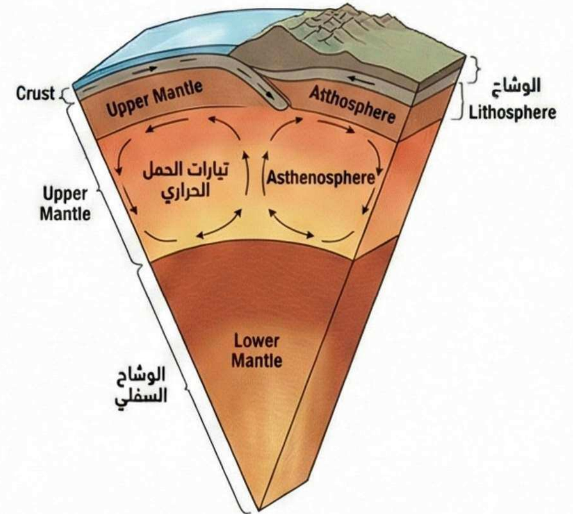
- يتكوّن من جزء علوي صلب.
- يشترك مع القشرة الأرضية في تكوين **الغلاف الصخري**.

الأسينوسفير (Asthenosphere)

- الجزء السفلي من **الوشاح العلوي**.
- يتكوّن من صخور لدنة شبه منصهرة.
- تُسمّى هذه الصخور **الصهير**.
- تسلك سلوك السوائل عالية اللزوجة.

الدور الجيولوجي

- تحدث في هذه المنطقة **تيارات الحمل الحراري**.
- تُعد القوة المحركة لحركة **الصفائح التكتونية**.



الوشاح السفلي (Mesosphere)

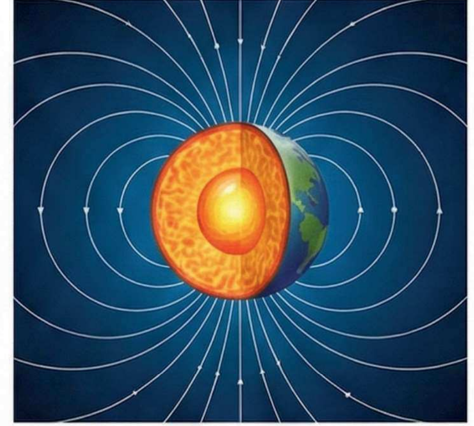
- يمتد إلى أعماق كبيرة بالقرب من **اللب الخارجي**.
- تمتاز صخوره بصلابتها الشديدة نتيجة الضغط الهائل.
- رغم ارتفاع درجة الحرارة، يمنع الضغط الانصهار.
- يتميّز بخصائص فيزيائية تختلف عن **الأسينوسفير**.

اللب (The Core)

تعريف اللب

- يشكّل اللب الجزء الأعمق من الأرض.
- يمثّل نحو **33% من كتلتها الكلية**.
- ينقسم إلى:
  - لب خارجي سائل
  - لب داخلي صلب

اللب الخارجي (Outer Core)



الحالة الفيزيائية

- يُعد نطاقًا سائلًا.
- يتكوّن من **الحديد والنيكل المنصهرين**.

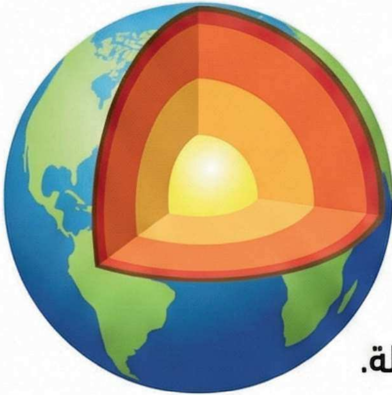
الخصائص الحرارية

- تصل درجة حرارته إلى نحو **5000 °C**.

الأهمية الجيولوجية

- تتحرّك المواد المعدنية فيه حركة ديناميكية مستمرة.
- تؤدي هذه الحركة إلى:
  - توليد **المجال المغناطيسي للأرض**
  - حماية الكوكب من:
    - الأشعة الكونية
    - الجسيمات الشمسية الضارة

اللب الداخلي (Inner Core)



الموقع والتركيب

- يمثّل مركز الأرض.
- عبارة عن كرة صلبة شديدة الكثافة.
- يتكوّن من **الحديد والنيكل**.

الحالة الفيزيائية

- يبقى في حالة صلبة.
- وذلك بالرغم من درجات **الحرارة** المرتفعة جدًا.

سبب الصلابة

- نتيجة **الضغط الهائل** الواقع عليه من الطبقات المحيطة.

ما الغلاف الصخري؟

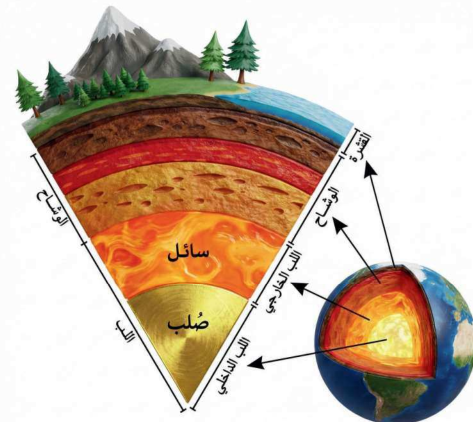
تعريف الغلاف الصخري

- تشكّل القشرة الأرضية والجزء العلوي من الوشاح وحدة جيولوجية تُسمّى **الغلاف الصخري**.
- يُعد الجزء الخارجي الصلب من الأرض.

- **حدوده** - يحدّه:
  - الغلاف الجوي
  - الغلاف المائي
  - من أعلى

  وطبقة **الأسينوسفير** من أسفل

- **السمك** - يبلغ متوسط سمكه حوالي **100 km**.
- **أهميته الجيولوجية** - يمثّل الغلاف الصخري **"السطح الجيولوجي"** للأرض.
  - توجد عليه معظم الظواهر الجيولوجية، مثل:
    - تشكّل التضاريس
    - حدوث الزلازل
    - حدوث البراكين



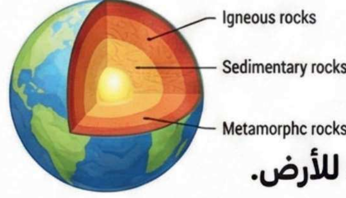
الشكل ٤ – طبقات الأرض والغلاف الصخري

مكونات الغلاف الصخري

يتكون الغلاف الصخري من عدة مكونات، أهمها:

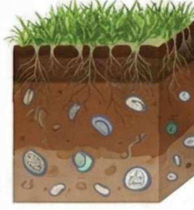
الصخور

- تُعد الصخور المادة البنائية الرئيسية للغلاف الصخري.
- تُصنّف إلى:
  - صخور نارية
  - صخور رسوبية
  - صخور متحولة
- وهي التي تشكّل القشرة الصلبة للأرض.



التربة

- طبقة أساسية من الغلاف الصخري.
- تغذّي النباتات.
- تحتفظ بالعناصر الغذائية.
- وهي حيوية للزراعة والنظام البيئي الطبيعي.



المعادن

- المعادن مواد غير عضوية طبيعية.
- لها تركيب كيميائي وبنية بلورية محددة.
- تمثّل الوحدة البنائية للصخور.
- وهي حيوية للاستخدام في الصناعة والبناء.



أهمية الغلاف الصخري لأغلفة الأرض الأخرى

- يُعد الغلاف الصخري الأساس الذي ترتكز عليه بقية أغلفة الأرض.
- يمثّل الجزء الصلب الذي يحمل كل ما فوق القشرة الأرضية.
- يوفر عمليات فيزيائية وتفاعلات كيميائية تتحكم في:
  - استقرار الكوكب
  - توازنه



الشكل 5 - تأثير الغلاف الصخري على الغلاف الجوي

تأثير الغلاف الصخري على الغلاف الجوي

دور الصخور في تنظيم الغلاف الجوي

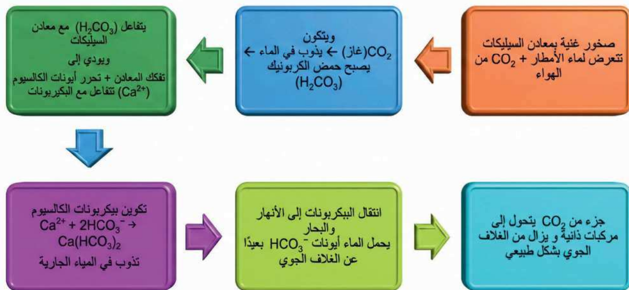
- تعمل الصخور المكوّنة للغلاف الصخري على ضبط تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.
- يتم ذلك من خلال تفاعلات كيميائية تُعرف بعمليات **التجوية الكيميائية**.

التفاعل الكيميائي للصخور السيليكاتية

- عندما تتعرض الصخور السيليكاتية الغنية ببيروكسيد كالسيوم ($CaSiO_3$) مثل البازلت والجابرو:
  - للماء
  - ولثاني أكسيد الكربون
- يحدث تفاعل كيميائي يؤدي إلى تكوين بيكربونات الكالسيوم.
- مما يسهم في خفض نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.



$$CaSiO_3 + 2CO_2 + 3H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2 + H_4SiO_4$$



الشكل ٧ - مخطط يوضح دور الصخور في ضبط تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

نقل الكربون من الغلاف الجوي

- عندما يتفاعل CO_2 الذائب في مياه الأمطار مع صخور الغلاف الصخري
  - يتحول جزء منه إلى أيونات البيكربونات HCO_3^-.
  - تذوب هذه الأيونات في الماء.
  - وتحمل الكربون بعيدًا عن الغلاف الجوي.

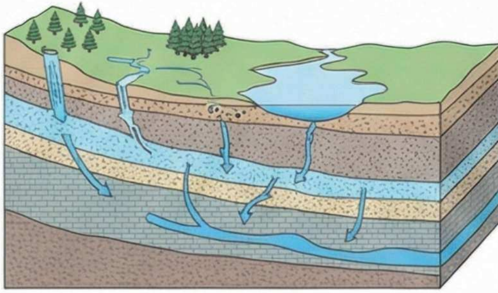
انتقال الأيونات

- تنتقل أيونات البيكربونات عبر الأنهار إلى البحار.
- يمكن أن تترسب لاحقًا على هيئة:
  - كربونات الكالسيوم الصلبة $CaCO_3$.

الدور البيئي طويل المدى

- يوضح هذا المثال دور الغلاف الصخري في تحقيق نوع من **التنظيم الطبيعي** لتركيب الهواء.
- تمثّل عملية التجوية وتكوين أملاح البيكربونات:
  - آلية طبيعية لخفض تركيز غاز CO_2 في الهواء.
- تسهم هذه العمليات في:
  - الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري
  - تحقيق توازن مناخي على المدى الطويل

ثانيًا: تأثير الغلاف الصخري على الغلاف المائي



- تؤثر الصخور على خصائص المياه من خلال ذوبان بعض المعادن فيها.
- عندما يمر الماء عبر طبقات مختلفة من الصخور:
  - يتغير تركيز الأملاح والعناصر الذائبة فيه
  - مثل أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم والحديد
- تتم هذه العمليات وفق قوانين الذوبانية في الكيمياء.

تفسير اختلاف خصائص المياه الطبيعية



- من خلال قوانين الذوبانية يمكن تفسير:
  - اختلاف خصائص المياه الطبيعية من منطقة إلى أخرى
  - سبب كون بعض المياه "عسرة" وغنية بأملاح الكالسيوم والماغنيسيوم
- يرجع ذلك إلى:
  - مرور المياه على صخور معينة
- كما يمكن تفسير:
  - دور الغلاف الصخري في تزويد الغلاف المائي بالأملاح والعناصر الضرورية للحياة والصناعة
  - تعتمد كمية المعادن التي تذوب في الماء على عدة عوامل.

عسر الماء (Water Hardness)

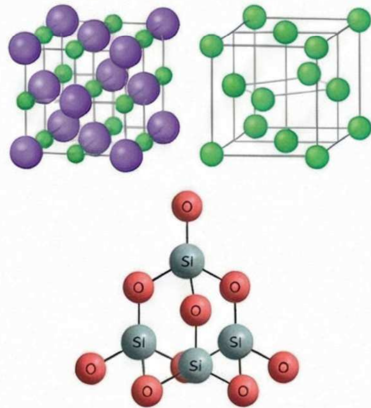
- هي خاصية للمياه ناتجة عن احتوائها على تركيزات عالية من الأيونات الموجبة الشحنة.
- خاصة أيونات:
  - الكالسيوم Ca^{2+}
  - الماغنيسيوم Mg^{2+}
- يسبب الماء العسر مشاكل عديدة مثل:
  - تقليل فعالية الصابون
  - تكوين رواسب كلسية (قشور) في الغلايات وأنابيب المياه





العوامل المؤثرة في ذوبان المعادن

طبيعة الروابط الكيميائية في المعدن



- المعادن ذات الروابط الأيونية:
  - مثل كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) المكوّنة للحجر الجيري
  - تتفكك بسهولة في الماء
  - خاصة عند احتواء الماء على ثاني أكسيد الكربون الذي يحوله إلى ماء حمضي
- المعادن ذات الروابط التساهمية:
  - مثل السليكا (SiO_2) في الكوارتز
  - تذوب ببطء شديد
- لذلك:
  - تبقى الصخور السيليكاتية أكثر مقاومة للتجوية

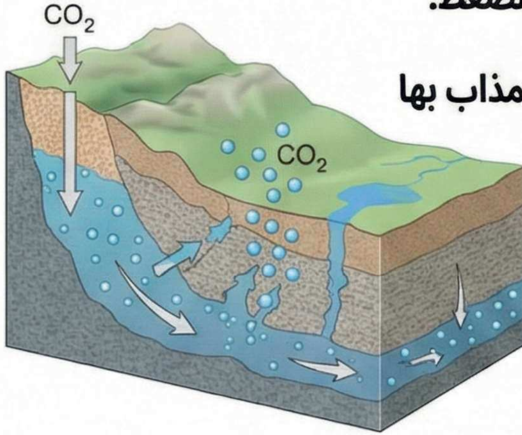
درجة الحرارة



الشكل ٨ - الينابيع الحارة

- ترتفع ذوبانية معظم الأملاح والمعادن بارتفاع درجة الحرارة.
- لذلك:
  - تكون المياه الحارة في الينابيع مثلًا قادرة على إذابة معادن أكثر من المياه الباردة
- يفسر ذلك:
  - ظهور رواسب معدنية عند تبريد هذه المياه

الضغط



- تزداد ذوبانية الغازات، مثل **ثاني أكسيد الكربون** في الماء بزيادة الضغط.
- على سبيل المثال:
  - تحتوي المياه الجوفية العميقة على نسبة مرتفعة من غاز CO_2 المذاب بها بسبب ارتفاع الضغط الواقع عليها
- يعزز ذلك:
  - قدرة تلك المياه على إذابة العديد من الصخور
  - ويؤدي إلى ارتفاع تركيز **أملاح البيكربونات** بها

وجود الأحماض في الطبيعة



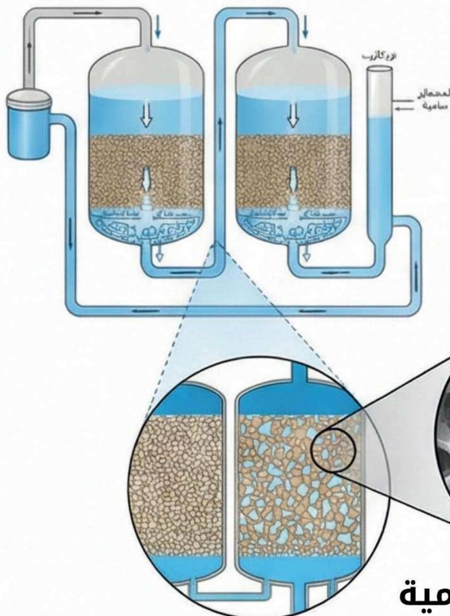
- يمكن لمياه الأمطار أن تذيب كمية من غاز CO_2 الموجود بالهواء الجوي مكوِّنة **حمض الكربونيك** الضعيف (H_2CO_3)
- تزيد الأمطار الحمضية من:
  - معدل تكسير **الروابط الأيونية** في المعادن مثل **الكالسيت**
- يعمل ذلك على:
  - تشكُّل الكهوف والتجاويف في الحجر الجيري

أثر هذه العوامل على المياه



- تؤثر هذه العوامل على ذوبانية المعادن والأملاح في الماء
- ينعكس ذلك مباشرة على:
  - **جودة مياه الشرب**
  - **الزراعة**
  - **الصناعة**
- يمكن أن تُستخدم هذه العوامل في:
  - بعض الأنظمة الصناعية لـ **تنقية المياه**
  - باستخدام صخور مسامية تعمل كمرشحات طبيعية

تطبيقات حديثة



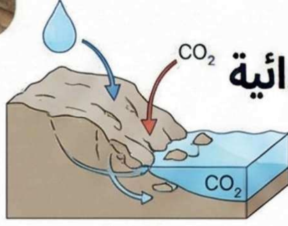
صخور بركانيه مسامية

- تستخدم بعض محطات معالجة المياه اليوم:
  - تقنيات مستوحاة من الطبيعة
  - تعتمد على صخور بركانية مسامية مثل **"الزيوليت"**
- تعمل هذه الصخور:
  - كمرشحات طبيعية
  - قادرة على احتجاز الشوائب والمعادن الثقيلة داخل مسامها الدقيقة
- أثبتت هذه الصخور فعاليتها:
  - في محطات تنقية حديثة في أوروبا وآسيا
  - حيث ساعدت على تحسين جودة مياه الشرب
  - دون الحاجة إلى مواد كيميائية كثيرة
- يُعد هذا التطبيق مثالًا حيًا على:
  - كيفية تسخير خصائص الغلاف الصخري
  - لحماية الغلاف المائي
  - ودعم **الاستدامة**

ثالثًا: تأثير الغلاف الصخري على الغلاف الحيوي



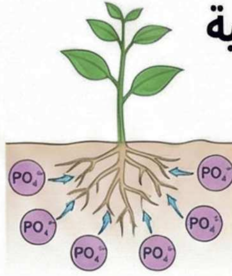
- عندما تتعرض الصخور في الغلاف الصخري لعوامل التجوية، مثل مياه الأمطار، أو تغير درجات الحرارة، أو الأحماض الضعيفة الناتجة عن ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء، تبدأ معادنها في التحلل تدريجيًا.



- تتحول هذه العملية إلى "خط إنتاج طبيعي" للعناصر الغذائية التي تحتاجها النباتات.

دور الصخور الفوسفاتية

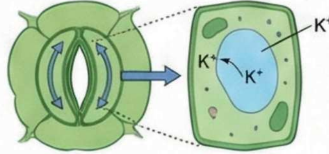




- على سبيل المثال، يحتوي صخر الفوسفات على معادن غنية بالفوسفور.
- عندما تتفكك هذه المعادن كيميائيًا:
  - تُطلق أيونات الفوسفات (PO_4^{3-}) في التربة
  - وهي الصورة التي تستطيع جذور النباتات امتصاصها

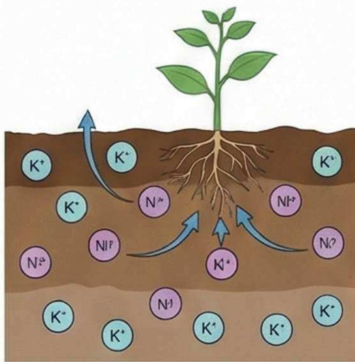
تحلل الفلسبار ودور البوتاسيوم





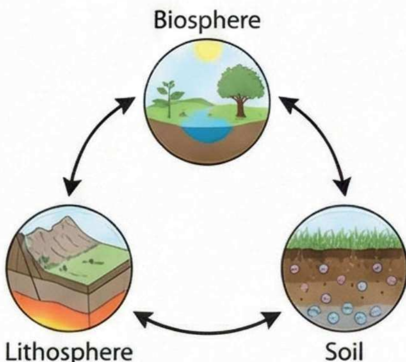
- وبالمثل، يتحلل معدن الفلسبار الموجود في الجرانيت.
- فيحرر أيونات البوتاسيوم (K^+) التي:
  - تُستخدم في تنظيم فتح وإغلاق الثغور
  - وتدخل في إنتاج الطاقة داخل الخلايا النباتية

انتقال العناصر إلى النباتات



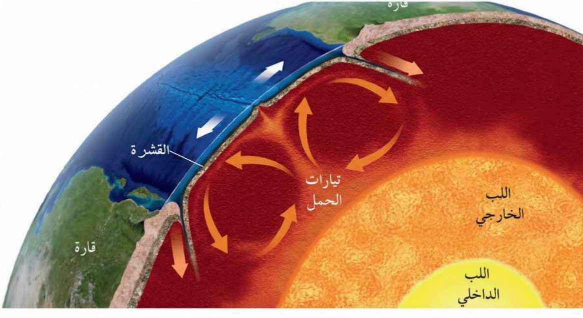
- تحتفظ التربة بهذه الأيونات بين حبيباتها.
- فتكون متاحة للنباتات عبر امتصاص ماء التربة.
- وهكذا:
  - يتحول الغلاف الصخري إلى مستودع طبيعي
  - يغذي الغلاف الحيوي باستمرار

الخلاصة البيئية



- يتم ذلك من خلال سلسلة من التفاعلات الكيميائية البسيطة.
- تجعل العناصر المعدنية في صورة قابلة للامتصاص.
- مما يوضح التكامل بين:
  - الغلاف الصخري
  - الغلاف الحيوي
  - واستدامة النظم البيئية

الصفائح التكتونية ودورها في تشكيل سطح الأرض



الشكل ١١ - تيارات الحمل الحراري في الوشاح

- يتكون الغلاف الصخري من مجموعة كبيرة من القطع الصخرية الضخمة تشبه "ألواحًا" عائمة تسمى **صفائح تكتونية**.
- تتحرك هذه الصفائح ببطء شديد، عدة سنتيمترات في السنة، نتيجة للحرارة الصاعدة من باطن الأرض.
- تدفع هذه الحرارة الصخور الأكثر ليونة أسفل الغلاف الصخري إلى الحركة.

تيارات الحمل الحراري ودورها

- نتيجة **لتيارات الحمل الحراري** خلال الصهير أو الماجما في منطقة **الأسينوسفير** أسفلها، تتحرك الصفائح فوقها كما تتحرك قوارب بطيئة فوق الماء.
- وعلى الرغم من أن سرعة الحركة صغيرة جدًا، إلا أن آثارها كبيرة وواضحة.

أنماط حركة الصفائح التكتونية

تباعدية

انزلاقية

تقاربية

الحركة التباعدية عندما تتحرك صفيحتان مبتعدتان عن بعضهما البعض.

- تتشكل شقوق وفواصل تسمح باندفاع صهارة من باطن الأرض.
- تتكون جبال بركانية أو قاع محيط جديد.
- تتكون أيضًا الأخاديد والوديان مثل الصدع الإفريقي.

الحركة الانزلاقية عندما تنزلق صفيحتان بمحاذاة بعضهما البعض.

- قد تتعثر حركة إحداهما.
- تتجمع طاقة تنطلق فجأة على هيئة هزات أرضية.
- تحدث زلازل متكررة مدمرة محدثة صدوع مثل صدع **سان أندرياس** بالولايات المتحدة الأمريكية.

الحركة التقاربية في حالات أخرى، قد تتصادم الصفائح ببعضها البعض.

- ينضغط الصخر وترتفع طبقاته.
- تتكون سلاسل جبلية شاهقة مثل جبال الهيمالايا.

آثار حركة الصفائح في حياتنا اليومية





- تظهر آثار هذه الحركات في حياتنا اليومية بطرق متعددة.
- فالمناطق الجبلية التي نراها اليوم كانت يومًا ما مناطق شبه مستوية قبل أن ترفعها حركة الصفائح.
- الوديان الساحلية اتسعت بسبب ابتعاد الصفائح البحرية.
- تتجدد الجزر البركانية نتيجة اندفاع الصهارة عبر شقوق الصفائح.

الدور الجيولوجي المستمر

- تعمل حركة الصفائح التكتونية كأداة طبيعية.
- تعيد تشكيل سطح الأرض باستمرار.
- وتحافظ على توازنه الجيولوجي.

تقييم الدرس الأول

أولًا: أسئلة اختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة:

- أي من العوامل التالية له التأثير الأكبر على سرعة تجوية الصخور التي تحتوي على معدن الكربونات؟
  - ارتفاع كثافة الصخور
  - ارتفاع ملوحة المياه خلالها
  - زيادة تركيز CO_2 في مياه الأمطار
  - ارتفاع درجة حرارة الهواء

- إذا وُجدت منطقة تحتوي على طبقات رقيقة من الحجر الجيري مع تجاويف وكهوف، فإن ذلك يشير إلى أن ....
  - الحجر الجيري ذو صلابة مرتفعة
  - الحجر الجيري تعرض لتجوية كيميائية
  - التربة بهذه المنطقة فقيرة بالعناصر المعدنية
  - ذوبانية الحجر الجيري في الماء منخفضة

- عندما تصطدم صفيحتان تكتونيتان متقابلتان، فإن النتيجة الأكثر احتمالًا هي ....
  - تكون وديان بحرية جديدة
  - ارتفاع الصخور وتكوين سلاسل جبلية
  - انتشار الحمم البركانية على مساحات واسعة
  - انخفاض تركيز العناصر المعدنية في التربة

- أي من العناصر التالية يتحرّر بصورة أساسية من الصخور بسبب التجوية، ويُستخدم مباشرة في بناء الجزيئات الحيوية للنباتات؟
  - الحديد
  - البوتاسيوم
  - الألومنيوم
  - السيليكا

- تُستخدم الصخور البركانية المسامية لمعالجة المياه في بعض المحطات، وذلك لأنها ....
  - تزيد من لزوجة الماء
  - تمتص منه الشوائب والمعادن الثقيلة
  - تمنع تسرب المياه إلى أعماق الغلاف الصخري
  - تحول الماء إلى حمض الكربونيك

تقييم الدرس الأول

أولًا: أسئلة اختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة:

- أي من الآتي يوضح العلاقة بين خصائص الصخور وظهور الزلازل؟
  - الصخور الأكثر صلابة تفرغ الطاقة الزلزالية بسرعة
  - الصخور الهشة تتعرض للانكسار عند تراكم الطاقة على طول صدوع ضعيفة
  - الصخور الغنية بالسيليكا تمنع الزلازل
  - الصخور الكربوناتية تقلل من قوة الموجات

- دور الغلاف الصخري في الغلاف الحيوي يشمل:
  - توفير الأكسجين مباشرة للنباتات
  - إنتاج العناصر المعدنية الضرورية لنمو النباتات
  - زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو
  - منع المياه من التسرب إلى التربة

- أي من التطبيقات الصناعية التالية يُظهر استغلال خصائص الغلاف الصخري؟
  - استخدام الحجر الجيري في صناعة الأسمنت
  - تكوين الكربون العضوي في النباتات
  - زيادة سرعة الرياح على الجبال
  - امتصاص الأوزون في الغلاف الجوي

ثانيًا: أسئلة مقالية

بم تفسر؟

- الصخور التي تتكون من أملاح الكربونات مثل الحجر الجيري تتكون فيها كهوف وتجاويف أكثر من الصخور التي تتكون من السيليكا؟
- التجوية الكيميائية للصخور تلعب دورًا في إمداد النباتات بالعناصر المعدنية الضرورية لنموها؟
- ظهور سلاسل جبلية في مناطق تصادم الصفائح التكتونية، بينما لا تظهر في مناطق تباعدها؟
- استخدام الصخور المسامية مثل الزيوليت في تنقية المياه بدلًا من المواد الكيميائية الصناعية؟

موقع الدكتور
محمد رزق
التعليمي



امسح الباركود بالموبيل لتثبيت
التطبيق وتحميل كل الملازم مجانا وبسرعه



حمل التطبيق الأن





كورسات ونتائج امتحانات



ملازم ثانــــوي



ملازم اعدادي



ملازم ابتدائي



موقع الدكتور محمد رزق



Dr.Mo.Rizk